Teoría del Vacío Cuántico Auto-Excitado (TVCE)

Carlos David Bianco Moreno

C.I.: 17.570.016

carlosdavid1985@hotmail.es

Venezuela 19/11/2025

Teoría del Vacío Cuántico Auto-Excitado (TVCE)

Resumen:

La Teoría del Vacío Cuántico Auto-Excitado (TVCE) postula que la energía oscura no es una constante ni se crea a partir de fotones reales, sino que es el resultado de un proceso continuo de extracción de energía de las fluctuaciones del vacío cuántico. Este proceso es impulsado por la propia expansión del universo, creando un ciclo de retroalimentación positiva y autosostenida que conduce inevitablemente a una expansión acelerada eterna y a un destino de Big Freeze. La teoría es consistente con la mecánica cuántica y la relatividad, y ofrece predicciones observables claras.

Postulados Fundamentales

La TVCE se basa en cuatro postulados:

1. **Postulado del Campo de Inflación Persistente (ψ):** Existe un campo cuántico escalar, el Campo de Inflación Persistente (ψ), cuyo estado fundamental es la fuente de la energía oscura. A diferencia de un campo escalar convencional, su energía no es conservada de forma aislada.

2. **Postulado de Acoplamiento Vacío-Expansión:** El potencial de energía del Campo de Inflación Persistente no es estático. Depende dinámicamente del factor de escala del universo, **a(t)**. La expansión del espacio-tiempo "estira" las fluctuaciones cuánticas del vacío, y esta energía se transfiere al campo **ψ**, elevando su nivel de energía basal.

3. **Postulado del Origen Cuántico del Vacío:** La "materia prima" para la energía oscura es el mar infinito de fluctuaciones de punto cero del vacío cuántico. Este proceso no viola la conservación de la energía a nivel global, ya que la energía total del universo (materia + radiación + campo ψ + energía gravitacional negativa) se mantiene constante.

4. **Postulado del Destino del Big Freeze:** El mecanismo de acoplamiento vacío-expansión es autosostenido y no tiene un límite. A medida que el universo se expande, crea más energía oscura, lo que a su vez acelera la expansión, en un ciclo que solo termina cuando toda la materia y la radiación se han diluido hasta el cero absoluto.

Formulación Matemática (El Lagrangiano de la TVCE)

La dinámica se deriva de un Lagrangiano modificado donde el potencial del campo es la clave.

$$L_{total} = L_{EH} + L_{SM} + L_{\psi}$$

1. **L_{EH} y L_{SM}:** Los términos de Einstein-Hilbert y del Modelo Estándar permanecen sin cambios, describiendo la gravedad y las partículas conocidas.
2. **L_{ψ} - Término del Campo de Inflación Persistente: $L_{\psi} = (1/2)\partial_{\mu}\psi\, \partial^{\mu}\psi - V(\psi, a)$**

La novedad crítica está en el potencial **$V(\psi, a)$**, que ahora depende explícitamente del factor de escala cósmico **$a(t)$**.

Forma del Potencial Dependiente de la Escala:

Proponemos un potencial con un mínimo que se desplaza con la expansión:

$$V(\psi, a) = (1/2)\, m_{\psi}^2 c^2\, [\psi - \psi_{min}(a)]^2$$

Donde:

- **m_{ψ}** es la masa del campo.
- **$\psi_{min}(a)$** es la posición del mínimo del potencial, que ahora es una función del tamaño del universo.

La Dinámica del Mínimo:

Para que el universo se expanda eternamente, el mínimo debe desplazarse hacia arriba a medida que **a** crece. Una forma simple y efectiva es una ley de potencias:

$$\psi_{min}(a) = \beta * (a / a_0)^n$$

Donde:

- **β** es una constante de energía que establece la escala inicial del potencial.
- **a_0** es el factor de escala actual (normalizado a 1).
- **n** es el **parámetro de excitación del vacío**, un nuevo número fundamental adimensional. Para un Big Freeze (y no un Big Rip), **n** debe ser un número positivo muy pequeño (**$0 < n << 1$**).

Dinámica Cosmológica y el Camino al Big Freeze

La ecuación de movimiento para el campo **ψ** se deriva de este Lagrangiano. En un universo homogéneo (**ψ = ψ(t)**), la ecuación de Klein-Gordon se convierte en:

$$d^2\psi/dt^2 + 3H\, d\psi/dt + m_\psi^2 c^2 [\psi - \beta(a/a_0)^n] = 0$$

Universo Temprano (Dominación de Materia/Radiación)

- Al principio, **a** es pequeño, por lo que **ψ_min(a)** es cercano a cero. El campo **ψ** rápidamente rueda hacia este mínimo, y su densidad de energía **ρ_ψ** es muy baja.
- La expansión del universo está dominada por la materia y la radiación, siguiendo la cosmología estándar del Big Bang.

Transición (Comienzo de la Aceleración)

- A medida que el universo envejece y se expande, **a** crece. El término **β(a/a_0)^n** empieza a ser significativo.
- El mínimo del potencial se "desplaza" lentamente hacia arriba. El campo **ψ**, con su inercia, no puede seguir el mínimo instantáneamente. Se "queda atrás", siempre tratando de alcanzar el mínimo que se aleja.
- Este "rezago" significa que el campo **ψ** nunca está en su estado de energía más bajo. Posee una energía potencial persistente que no se diluye con la expansión. De hecho, la densidad de energía **ρ_ψ** comienza a crecer lentamente.

Universo Tardío (Dominación y Big Freeze)

- Eventualmente, **ρ_ψ** supera a la densidad de materia (**$\rho_m \propto 1/a^3$**) que se diluye.
- La energía oscura domina la ecuación de Friedmann, y la expansión del universo comienza a acelerarse.
- Aquí comienza el ciclo de retroalimentación: la expansión (**a** aumenta) hace que **ψ_min** se desplace hacia arriba, lo que aumenta **ρ_ψ**, lo que a su vez aumenta la aceleración de la expansión.
- Como **n > 0**, este proceso es infinito. La aceleración continúa para siempre. La materia y la radiación se diluyen hasta que sus temperaturas se acercan al cero absoluto. Las galaxias se alejan unas de otras hasta que sus estrellas se apagan. El universo se convierte en un vacío frío, oscuro y cada vez más grande, a una velocidad cada vez mayor. Este es el **Big Freeze**.

Predicciones Observables y Verificables

1. **Ecuación de Estado de la Energía Oscura Evolutiva (w(z)):** Esta es la predicción más importante. En la TVCE, la energía oscura no es una constante cosmológica (**w = -1**). Como su densidad de energía aumenta con el tiempo, su ecuación de estado será **w < -1** (comportamiento de "fantasma"). El valor exacto de **w** y su evolución con el corrimiento al rojo **z** dependen del parámetro **n**. Los sondeos cosmológicos actuales (DESI, Euclid) están diseñados para medir **w(z)** con alta precisión.
2. **Constantes Fundamentales Realmente Constantes:** A diferencia de la teoría cíclica anterior, en la TVCE no hay un acoplamiento directo entre el campo de energía oscura (**ψ**) y el campo electromagnético. Por lo tanto, la teoría predice que **la constante de estructura fina (α) y otras constantes fundamentales son estrictamente constantes** en el tiempo cósmico.
3. **Sin Ondas Gravitacionales de Rebote:** Como el universo no tiene un Big Bounce, no debería haber una señal de ondas gravitacionales primordiales asociada a un rebote en el espectro de fondo. La firma en el CMB sería la de un universo que siempre se ha estado expandiendo desde un estado inicial caliente y denso (similar a la inflación estándar en lo que respecta a las ondas gravitacionales).
4. **Aceleración Diferencial en Vacíos:** La tasa de creación de energía oscura depende de **H**, la tasa de expansión local. En los grandes vacíos cósmicos donde la expansión local es ligeramente mayor, la creación de energía oscura sería marginalmente más eficiente, lo que podría llevar a una "expansión diferencial" muy sutil a escalas super-cúmulo.

Conclusión

La Teoría del Vacío Cuántico Auto-Excitado presenta un universo elegante pero sombrío. Reinterpreta el vacío cuántico no como un estado pasivo, sino como una reserva de energía infinita que puede ser "explotada" por la propia expansión del espacio. La energía oscura no es un misterio, sino una consecuencia inevitable de la interacción entre la geometría del espacio-tiempo y la naturaleza cuántica del vacío. Este mecanismo de retroalimentación positiva sella el destino del universo: una expansión eterna y acelerada hacia un frío y solitario Big Freeze.